

vicinal 표면 위에 성장된 박막의 안정화 조건

서지근*, 신영호**, 김재성**, 민항기

*초당대학교 교양학과, **숙명여자대학교 물리학과, 홍익대학교 물리학과

초미세 전자 소자에 대한 개발에 대한 요구는 최근 들어 원자 단위의 구조물 제작에 대한 연구로까지 나아 가게하고 있다. 좋은 물리적 성질을 가지는 양자도선(quantum wire), quantum dot와 같은 nano 단위 구조물 제작에 대한 요구는 그 가능성의 하나로, 기울어진(vicinal) 표면 위에서의 박막 성장에 대한 연구로 이어지고 있다. 기울어진 표면은 한 원자 층으로 된 많은 계단들을 가지고 있는 표면이고, 이러한 계단들의 존재는 박막 성장 시 흡착 원자가 계단 끝에 부착될 확률을 증가 시켜, step flow 성장과 같은 준 층별 성장을 만들 가능성을 높여주며, sub-ML 증착에 대해서 원자가 계단 면을 따라 길게 늘어선 양자도선과 같은 성장이 가능한 표면이라는 점에서 관심을 갖게 한다. 그러나 최근의 연구들에 의하면 기울어진 표면 위에서의 성장도 Schwoebel 장벽과 같은 분산 장벽의 존재로 계단과 수직인 축 방향으로 거친 모양의 island가 형성되는 Bails-Zangwill 불안정성이 나타나는 것으로 보고되고 있고, 이것은 준 층별 성장이나 양자 도선과 같은 성장을 방해하는 것으로 알려져 있다. 이러한 불안정성을 해결할 가능성으로 최근 들어 한 계단의 높이가 큰 step bunching이 생겨난 표면 위에서의 성장이 제기되고 있으나, 아직 확인되지 않았다. 본 연구는 이러한 기울어진 표면 위에서 박막을 성장 할 때 층흐름(step flow)성장이 가능한 역학적 동역학적 조건을 구하고자 하며, 방법으로는 KMC 시뮬레이션을 이용한다.

단원자로 구성된 계단이 있는 기울어진 표면 위에서의 homoepitaxy의 경우, 성장 양식은 계단과 계단 사이의 테라스 간격에 크게 의존한다. 테라스 간격이 좁을수록 성장은 보다 층흐름 성장에 근접한다. 그러나 다층으로 성장시킨 시뮬레이션의 결과는 일반적인 분산 장벽 조건 아래에서는 계단의 방향과 수직인 방향으로 평평한 면에서와 동일한 크기를 가지는 island가 성장하는 것을 볼 수 있고, 이것은 Bails-Zangwill 불안정성이다. 그러나 계단사이의 테라스 간격이 매우 좁은 경우 5-6 ML 성장 이하에서는 층흐름 성장과 동일한 성장이 이루어지나 계단을 따라서 미소한 크기의 거칠기가 나타난다. 동일한 기울어진 경사면에 대해서는 분산 속도가 좋을수록 보다 계단 면을 따라 보다 큰 크기의 island가 나타난다. 분산 장벽과 같이 동역학적인 요소만으로는 완벽한 층흐름 성장은 높은 온도, 극히 낮은 분산 장벽이라는 조건 이외에는 얻기 어렵다. 그리고 층흐름 성장의 가능성으로 제시된 step bunching이 일어난 다층 높이의 계단을 가진 면도 다층의 수만큼 계단 수를 늘려주는 것과 동일한 결과가 나타나며, 이 경우도 층흐름 성장에는 근접하지만 완전한 형태의 성장은 얻기는 역시 어렵다. 따라서 원자단위의 도선이나 층흐름 성장은 계단과 계단 사이의 인력 또는 척력과 같은 역학적인 요소를 고려 할 때만이 가능할 것으로 보인다.